

ДИАГНОСТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ГОРЯЧИХ ЭЛЕКТРОНОВ И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ПЛАЗМЫ, ОСНОВАННАЯ НА ПОГЛОЩАЮЩИХ ФИЛЬТРАХ

М. Д. Миценко ^{1,2}, С. А. Пикуз ^{1,2}, А. С. Мартыненко ^{1,2}

¹Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия

²Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

1. Мотивация

Работа посвящена диагностике горячих электронов и интенсивного рентгеновского излучения в лазерно-плазменных экспериментах с помощью метода фильтров или Bremsstrahlung Cannon.

Существуют разные способы измерения энергетического спектра быстрых электронов – сравнительно просто измерить спектр, например, с помощью магнитных спектрометров. Однако интерпретация измерений может быть затруднена из-за образования большого электростатического поля на задней границе поверхности и вакуума мишени начальной популяцией электронов, выходящих из мишени. Это поле ограничивает последующие быстрые электроны. Такое измерение не является репрезентативным. Тормозное излучение фотонов, вызванное столкновениями быстрых электронов с твердой мишенью, предлагает механизм, с помощью которого можно вывести спектр и полное лазерное поглощение объемной совокупности быстрых электронов.

2. Вид установки

Bremsstrahlung Cannon (BC) представляет собой набор фильтров, между которыми расположены фосфорные пластины (рис. 1). Фильтры имеют различную толщину и изготовлены из различных материалов. В данной работе рассматривается эксперимент, проведенный на мультитераваттной лазерной установке LFEX в Японии.

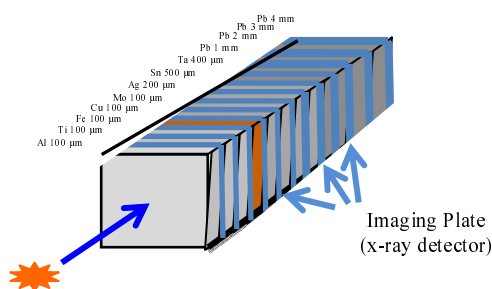


Рис. 1. Устройство HEXS-спектрометра, использованного в эксперименте

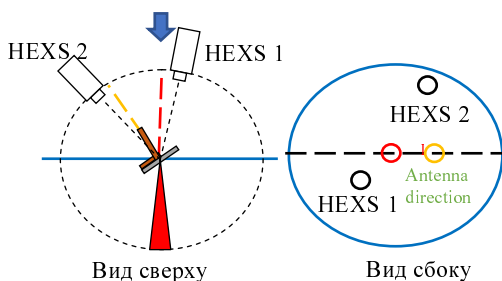


Рис. 2. Схема установки и расположение спектрометров

В эксперименте использовалось два высокоэнергетических рентгеновских спектрометра (HEXS), расположенные в разных местах в экспериментальной камере (рис. 2). Угол у обоих спектрометров с направлением антенны был одинаковый и составлял 55 градусов. Угол с направлением распространения лазера у HEXS 1 – 20 градусов, у HEXS 2 – 70 градусов.

3. Результаты измерений

На рис. 3 показаны необработанные результаты сканирования фосфорных пластин, стоящих между фильтрами и результаты обработки изображений.

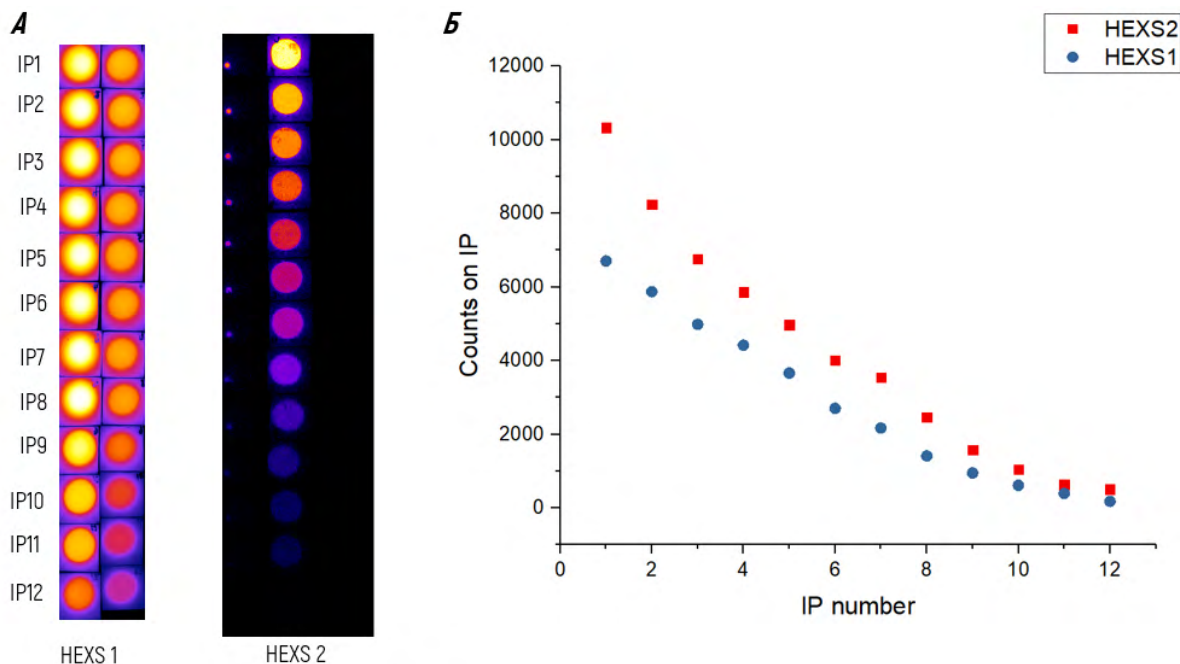


Рис. 3. Результаты измерений: А – необработанные снимки со сканера пластинок; Б – результат обработки

4. Итоговые спектры горячих электронов и рентгеновского излучения

Для обработки полученных результатов с помощью пакета Geant4 были построены теоретические моноэнергетические спектры для рентгеновского излучения и горячих электронов (для оценки вклада в спектральную зависимость) для данного набора фильтров. В аппроксимации была использована следующая форма распределения:

$$\phi(E) = A1 * \exp\left(-\frac{E}{tp}\right) + A2 * \exp\left(-\frac{E}{te}\right)$$

где $A1$ и $A2$, tp и te – параметры, определяющие вклад электронов и фотонов в распределение и основные температуры распределения. На рис. 4 показаны результаты аппроксимации (для случаев с учетом и без учета электронного вклада в спектр) и полученные параметры. Видно, что учет вклада электронов и фотонов одновременно значительно влияет на точность аппроксимации.

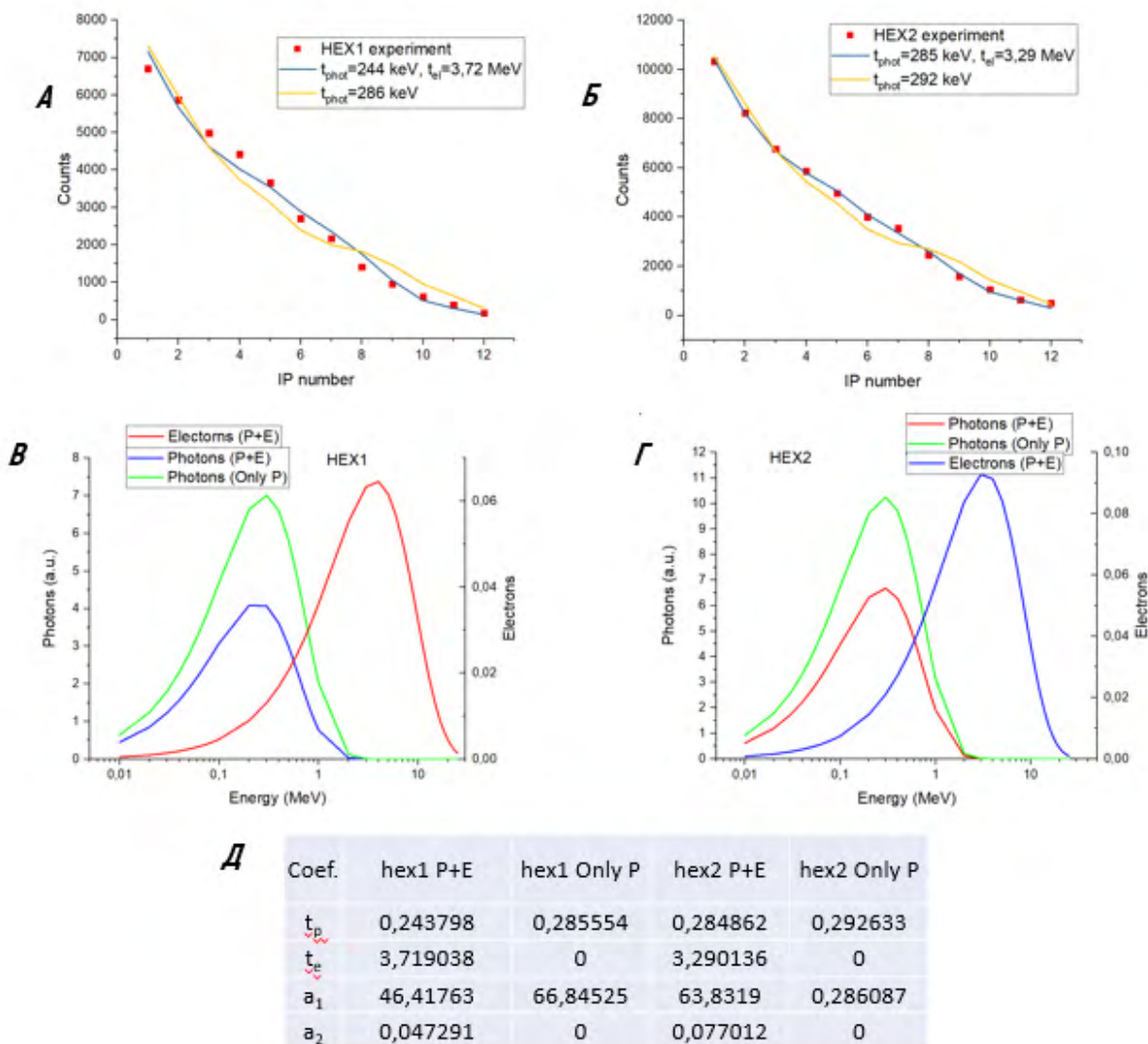


Рис. 4. Результаты обработки измерений: А, Б – вид кривых в результате аппроксимации; В, Г – спектры с учетом и без учета вклада электронов в спектр; Д – полученные параметры

Список литературы

1. Scott, R. H. H., Clark, E. L., Pérez, F., Streeter, M. J. V, Davies, J. R., Schlenvoigt, H.-P., ... Norreys, P. A. (n.d.). Measuring fast electron spectra and laser absorption in relativistic laser-solid interactions using differential bremsstrahlung photon detectors.

2. Zhe, Z., Ikenouchi, T., Namimoto, T., Nishimura, H., Fujioka, S., Kojima, S., ... Azechi, H. (n.d.). Characterization of Relativistic Electron Beams Generated by Intense Laser Pulses with High Energy X-ray Spectrometer.